

По моста или през тунела

Гошо ГОЕВ, Тома ТОМОВ

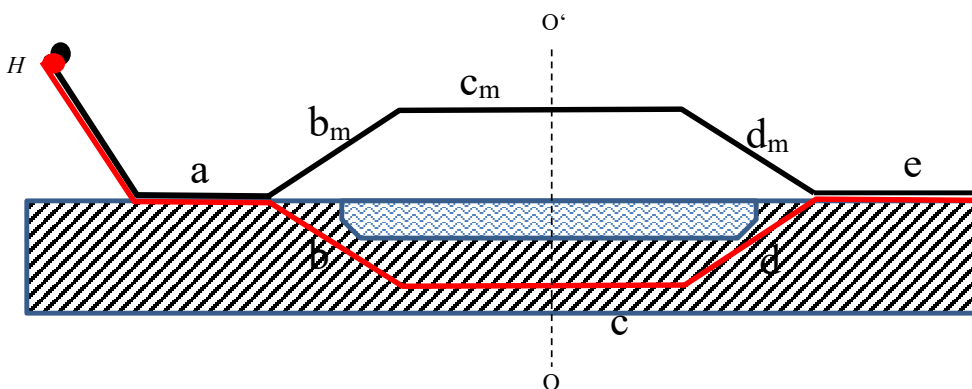
Софийски университет Св. Климент Охридски, Физически факултет,
София 1164, бул. Джеймс Баучер 5

Абстракт. Провеждането на демонстрации по физика провокира мисленето и интереса на ученици и студенти. Особено когато интуитивните очаквания се различават от резултата. В статията се разглежда задача от механиката свързана с равно променливи и равномерни движения, демонстрация и реакцията на студентите.

ЗАДАЧА

Пътувате с автомобил и достигате до река, която може да се премине по мост или тунел. Кое ще изберете? Обикновено това решава шофьора. А ако искате да преминете по-бързо?

Да опростим задачата с две еднакви топчета, движещи се по огледално симетрични мост и тунел. Те са симетрични и спрямо оста OO' , както е показано на фигурата.



Пускаме топчетата едновременно от една и съща височина, H . Кое топче ще премине по-бързо (ще достигне първо до участъка "e")? възможни отговори:

- A) по моста;
- B) през тунела;
- B) едновременно.

ИЛЮЗИИ И ИСТИНА

Да помислим, закон за запазване на енергията – “първият божи закон за физиците”. Загубите на механична енергия от триене и съпротивление на въздуха са еднакви и за двете топчета. Изминатият път е един и същ. По-бързите коли са по-мощни. Нима едното топче ще е по-мощно? Законите за запазване са следствие от симетрията на пространството и времето. А законът за запазването на енергията е следствие от еднородността на времето. Ако приемем, че на топчетата действа само консервативна сила – добре известното Нютоново привличане. Тогава и скоростите на топчетата в участъците “а” и “е” са равни. Следователно

топчетата трябва да пристигнат заедно!!!

Задачата беше представена под формата на анонимен тест на:

- студенти по време на лекции;
- гости, посетили Деня на отворените врати на Физическия факултет” на СУ “Св. Климент Охридски”;
- учители, преподаващи по предметите “Човекът и природата” и “Физика” по време на курсове за повишаване квалификацията на учители.

Бяха попитани и няколко преподаватели от Физически факултет.



Получихме 74 отговора, от които:

А) по моста	13
Б) през тунела	22
В) едновременно	39

Първите, които отговориха “В)”, т.е. едновременно, бяхме ние – авторите на тази статия, което ни провокира да направим установката, показана на снимката. (Нашите отговори не са отчетени в таблицата по-горе.)

Когато се демонстрира тази задача, хората, които си мислят единствено и само за ЗЗЕ, остават изненадани. Едното топче е по-бързо. Аз се чувствам като фокусник, защото реакцията на наблюдаващите е като на публиката, която се чуди “къде фокусникът крие липсващата карта”.

От къде идва заблудата? *Работата е в инерцията на мисленето. Пътят и енергията за двете топчета са еднакви, скоростите в двата края също. Всичко е симетрично. Няма “логика” едното топче да е по-бързо.*

Тъй като задачата има качествен характер, може да я опростим, като забравим за триене, условия за търкаляне, размерите на топчето и характера на ударите при преминаване в различните участъци, т.е. нека разгледаме движение на материална точка, един път, по моста (интересуващите ни величини носят индекс m) и, втори път, през тунела (интересуващите ни величини не са индексирани). Сега движението по моста се разлага на: равномерно (отсечка a), равнозакъснително (отсечка b_m), равномерно (отсечка c_m), равноускорително (отсечка d_m), равномерно (отсечка e); съответно за движението през тунела: равномерно (отсечка a), равноускорително (отсечка b), равномерно (отсечка c), равнозакъснително (отсечка d), равномерно (отсечка e).

Ако има разлика във времената на пристигане на топчетата, тя би се дължала единствено на реда на ускорителните движения (за моста: $b_m + d_m$; за тунела: $b + d$). Наистина големината на ускорението по наклонените участъци е една и съща (единствената външна сила е силата на тежестта, която е постоянна), откъдето следва, че промяната на големината на скоростта Δv по наклоните през тунела е също една и съща (системата е консервативна). Следователно времената за спускане и изкачване са равни ($t_{\text{сп}} = t_{\text{из}} = t_1$). Това е вярно и за движението по моста ($\tilde{t}_{\text{из}} = \tilde{t}_{\text{сп}} = t_2$). За отсечките b_m и b имаме

$$S = v_0 t_1 + \frac{1}{2} a t_1^2, \quad S = v_0 t_2 - \frac{1}{2} a t_2^2, \Rightarrow v_0 (t_1 - t_2) + \frac{1}{2} a (t_1^2 + t_2^2) = 0,$$

където S е дължината на отсечката $b = b_m$, v_0 е скоростта, с която топчетата пристигат в началото на разклонението и a е големината на ускорението по наклоните. Уравнението има решение само ако $t_1 < t_2$!

С други думи, топчето, което се движи през тунела, на финала ще е ПЪРВО!

Сега вече е ясно, че хоризонталните участъци играят роля на усилвател на “фокуса”.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Когато се зададе въпросът, какво ще се случи, повечето ученици и студенти започват да се замислят. Ако очакванията им не съвпаднат с резултата от демонстрацията, те вече са провокирани и интересът се засилва. Започват да задават въпроса ЗАЩО.

Едва ли има човек на планетата, който да не знае закона за запазването на енергията – ЗЗЕ. Даже няма закон за запазване на масата. Зависимостта от енергията е голяма дори и в мисленето. Отговорът “едновременно” е посочен повече пъти (39) отколкото всички останали взети заедно (35)!

Повечето хора, запознати със ЗЗЕ, приемат, че резултатите от механичните процеси не зависят от последователността, с която те се извърват. Тази експериментална постановка е чудесен пример, че когато има ме ускорителни движения, това изобщо не е така.

Провокирайки инерцията на мисленето (или немисленето), можем да повиши интереса на учащите се.

И все пак аз лично бих минал по моста ☺.

Благодарности на Иля Петров за идеята на тази статия.